

## تجزیه و تحلیل عوامل ریشه‌ای حوادث منجر به پیامدهای شدید در شرکت نفت لیان با استفاده از تکنیک تریپود بتا

آفرین اخوان<sup>۱\*</sup>، سید هادی صالحی ریحانی<sup>۲</sup>، غلامحسین حلوانی<sup>۳</sup>

### چکیده

**مقدمه:** بدون شک اولین گام در راستای پیشگیری از حوادث، آنالیز آنها به منظور شناسایی علل ریشه‌ای است. در این مطالعه عوامل ریشه‌ای حوادث منجر به پیامدهای شدید با استفاده از تکنیک تریپود بتا در شرکت نفت لیان تجزیه و تحلیل شده است.

**روش بررسی:** این مطالعه به روش توصیفی تحلیلی است. در این پژوهش تجزیه و تحلیل حوادث در دو واحد بشکه سازی و بشکه پرکنی شرکت پالایش و تجارت نفت لیان در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. روش تریپود بتا (Tripod-beta) یکی از روش‌های ریشه‌یابی حوادث است، که به دلیل نگرش خاص به عنصر خطای انسانی به طور وسیع در صنایع نفتی استفاده می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار investigator، نمودار تریپود بتا مربوط به سه حادثه شکستگی و نقص عضو رسم شد و پس از ثبت و شناخت علل و موانع مربوط، اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از بروز حوادث مشابه بیان شد. اساس کنترل حوادث، ایجاد سیستم‌های کنترلی و دفاعی مناسب به نحوی است که از تلاقی و برهم کنش عامل خطر و عامل هدف جلوگیری شود.

**نتایج:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که عدم رعایت اصول ایمنی به دلیل کاهش آگاهی کارکنان و کمبود آموزش‌های دوره‌ای بلند مدت و کوتاه مدت از عوامل ریشه‌ای حوادث مطالعه شده و بالاترین تأثیر را در رویدادهای مزبور داشته است. ۴۵ درصد موارد مربوط به این علت حادثه بوده است. سایر موارد بعد از آموزش تقریباً به یک اندازه در رخداد رویدادها تأثیرگذار بوده‌اند. هر کدام از موارد ۱۱ درصد علل مربوط به حوادث را به خود اختصاص داده‌اند.

**نتیجه‌گیری:** تکنیک تریپود بتا در حال حاضر یکی از بهترین روش‌های ریشه‌یابی حوادث است. همچنین نتایج بدست آمده حاکی از آن است که انجام اقدامات مؤثر در فاز زمانی نرمال یعنی بکارگیری افراد با مهارت استعداد بالاتر و انجام آموزش‌های بدو استخدام و انجام دیدگاه بالادستی یعنی هماهنگی اپراتور با سخت افزار و روش‌های اجرایی در فاز ایده و تفکر و طراحی به میزان زیادی از رخداد حوادث جلوگیری خواهد کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه و تحلیل حوادث، تریپود بتا، ریشه‌یابی حوادث

<sup>۱</sup> دکتری مهندسی صنایع، استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد ایمنی صنعتی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ارگونومی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

\* (نویسنده مسئول): تلفن تماس: ۰۹۱۳۱۵۳۳۱۸۷، پست الکترونیک: akhavan@sau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۴

## مقدمه

امروزه فراورده‌های مصرفی صنعت نفت چنان با زندگی همه مردم عجین شده است که در عمل زندگی کردن بدون استفاده از آن‌ها قابل تصور نیست (۱). به هر حال این صنعت موجب خطرات زیادی در داخل کارگاه‌ها و همچنین بین کارگاه‌ها ی مرتبط با محیط زیست شده است. بنابراین ضروری است برای کاهش مخاطرات و پیامدهای سوء ناشی از آن‌ها از انواع روش‌های ارزیابی و مدیریت ریسک و همچنین تجزیه و تحلیل تکنیک‌های ریشه‌یابی حوادث استفاده شود (۲). در ضمن آمار مربوط به حوادث فرایندهای از جمله صنایع نفت و گاز از دهه هشتاد میلادی در قرن بیستم به بعد به‌طور چشمگیری رو به افزایش است و این حوادث همگی پیامدهای بسیار بالایی داشته‌اند (۳). به‌طور مثال حادثه شرکت گاز لانگفورد در استرالیا در سال ۱۹۹۸ باعث کشته شدن ۲ نفر، مجروح شدن ۳ نفر و بیکاری ۲۵۰۰۰ کارگر به مدت دو هفته شد. همچنین در جولای سال ۲۰۰۱ انفجار در پالایشگاه شهر دلیور فرانسه، ۱ نفر کشته و ۸ مصدوم به‌جا گذاشت. در جولای ۱۹۸۸ انفجار مهیب در سکوی فراساحلی پایپر آلفا باعث کشته شدن ۱۶۷ نفر و تخریب کامل سکو شد (۴).

این حوادث همگی ضایعات فراوانی را برای کشورها، جوامع، سازمانها و کارکنان آنها به همراه داشته است و منجر به از دست رفتن زمان کاری و سرمایه‌های انسانی و مادی بسیار شده است. از این‌رو فرایند بررسی و تجزیه و تحلیل تک‌تک حوادث فرایندی باعث شناسایی و تعیین دلایل وقوع آنها شده و در نهایت باعث عبرت‌آموزی برای تمام صنایع فرایندی از جمله صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در حال توسعه در کشورهای ذیربط خواهد شد؛ در ضمن باعث جلوگیری از وقوع مجدد آنها در صنایع نفتی می‌شود و علاوه بر سود، بهره‌وری و کنترل زیان موجب تأمین ایمنی و حفظ جان و سلامت نیروهای متخصص در صنایع فرایندی از جمله پالایشگاه‌ها و صنایع فراوری نفت و گاز خواهد شد (۵). بدین‌منظور شناسایی و تجزیه و تحلیل حوادث اجتناب‌ناپذیر است و لازم است پیرامون حادثه توضیحات لازم ارائه شود.

حادثه یک واقعه یا زنجیره‌ای از وقایع است که می‌تواند موجب بروز آسیب، بیماری یا خسارت به تجهیزات، افراد و محیط زیست شود (۶). اساس کنترل

حوادث، ایجاد سیستم‌های کنترلی و دفاعی مناسب به نحوی است که از تلاقی و برهم کنش عامل خطر و عامل هدف جلوگیری شود. در مواقعی که این سیستم‌های کنترلی و دفاعی موجود نبوده و یا از عملکرد مناسب برخوردار نباشد امکان برهم کنش دو عامل مزبور فراهم شده و رویداد بروز می‌کند. در روش تجزیه تحلیل حوادث، این سیستم‌ها مورد بررسی قرار گرفته، علل نقص کارکرد آنها مشخص می‌شود. ریشه‌یابی حوادث (Root Cause Analysis) آخرین و کاراترین روش بررسی علل حوادث است که با تقسیم‌بندی علل در سه طبقه علل مستقیم (Direct Cause)، علل غیر مستقیم (Indirect Cause) و علل ریشه‌ای (Basic Cause). زمینه بررسی‌های دقیق‌تر برای یافتن علل ریشه‌ای در یک قانون نظام‌مند را فراهم می‌کند (۷). علل غیرمستقیم از اعمال نایمن و یا از شرایط نایمن سرچشمه می‌گیرند. بررسی علل ریشه‌ای می‌تواند کمک زیادی به حل مشکلات ایمنی در سازمان نماید و تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش حوادث داشته باشد. از جمله این علل می‌توان به خطا در طراحی، نقص در خط‌مشی و آموزش ضعیف اشاره کرد. استفاده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل حوادث به صورت ریشه‌ای و ساختار یافته از قبیل تکنیک تریپود بتا در سازمان می‌تواند نتایج مهمی از جمله کاهش هزینه‌ها، کاهش خسارت‌ها و مهم‌تر از همه، کار در محیط ایمن را فراهم کند که همگی این نتایج، منجر به افزایش بهره‌وری خواهد شد. ضمناً استفاده از این تکنیک‌ها در مبحث مدیریت ریسک مدرن می‌تواند در شناسایی خطر به صورت واکنشی بسیار مفید بوده استفاده شود (۸).

با توجه به مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۶) روش بهینه برای تجزیه و تحلیل حوادث صنعت نفت، روش تریپود بتا را پیشنهاد کردند و نتایج نشان داد که این تکنیک در اینگونه فرایندها برای شناسایی عوامل ریشه‌ای حوادث نتایج خوبی را ارائه خواهد داد (۹). تکنیک تریپود بتا ساختار درختواره‌ای دارد که پیکره اصلی آن از سه واژه عامل تغییر (خطر)، هدف، واقعه (رویداد) تشکیل شده است. در فاز دوم ساخت این درختواره موانع و اقدامات کنترلی ضروری که یا وجود نداشته و یا اشتباه عمل کرده‌اند به آن اضافه می‌شود و در فاز نهایی درخت نهایی تریپود بتا مسیرهای علت بروز حادثه (علل مستقیم یا

بی‌واسطه، پیش شرطها و علل ریشه‌ای یا پنهان) برای هر رویداد نشان داده خواهد شد. به طور کلی سه مانع مؤثر (Effective Barrier)، مانع معیوب (Failed Barrier) و مانع مفقوده (Missing Barrier) در حوادث، مورد شناسایی است که موانع حوادث این مقاله از نوع مانع معیوب، شناخته شد. این گره زمانی هنگامی نمایش داده می‌شود که عامل تغییر و هدف از طریق شکاف و نارسایی از آن عبور کنند و به هم برسند که نتیجه این ملاقات ایجاد واقعه است (۱۰). مانع نامناسب (Inadequate Barrier) هم یکی از موانع است که اثر آن شبیه مانع مفقوده است و با نماد مانع مفقوده نمایش داده می‌شود. در ایران مطالعات مختلفی در خصوص تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حادث با استفاده از تکنیک تریپود بتا (Tripod-beta) انجام شده است. کریمی و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای را با استفاده از این روش در یک پروژه سدسازی انجام دادند و اعلام نمودند این تکنیک، بهترین تکنیک تجزیه و تحلیل است، ضمن آنکه در ترکیب با سایر تکنیک‌ها می‌تواند نیازهای بسیاری از سازمان‌ها را برآورد نماید (۵). در مطالعه‌ای که توسط محمدفام و همکاران (۱۳۹۱) در خصوص مقایسه تکنیک تریپود بتا با FTA انجام شد، نتایج نشان داد روش FTA مناسب‌تر از تکنیک تریپود بتا است (۱۱). در این زمینه محمودی هریس (۱۳۹۸) تجزیه و تحلیل حوادث نیروگاهی را با استفاده از تکنیک تریپود بتا انجام داد و ۱۵۹۲ علت پنهان را شناسایی کرد. همچنین اعلام کرد که تأکید بر اصلاح دلایل پنهان و همچنین در نظر گرفتن چرخه عمر سیستم با استفاده از این تکنیک در ریشه‌یابی عوامل سببی حوادث تأثیرگذار است (۳). مسأله مورد بررسی در این پژوهش، بروز حادثه در شرکت نفت لیان است که با ریشه‌یابی آن حادثه، راهکارهای متناسبی برای جلوگیری از حوادث ارائه خواهد شد. در این پژوهش با توجه به کیفی بودن روش تریپود بتا از این روش برای آنالیز حوادث بزرگ در دو واحد بشکه‌سازی و بشکه پرکنی شرکت پالایش و تجارت نفت لیان استفاده می‌شود.

### روش بررسی

این پژوهش از نوع توصیفی تحلیلی است. در این پژوهش تجزیه و تحلیل حوادث در دو واحد بشکه‌سازی و بشکه پرکنی شرکت پالایش و تجارت نفت لیان در سال

۱۳۹۹ انجام شده است. در مرحله اول مطالعات کتابخانه‌ای انجام شد و در مرحله بعد جمع آوری داده، صورت گرفت و پس از رسم نمودار تریپود بتا فرایند تجزیه و تحلیل انجام شد. ضمناً در مراحل شناسایی روند رویداد و رسم درختواره از یک تیم یا پانل خبرگان متشکل از محقق و دو نفر از مهندسين فرایند و سوپروایزر با سابقه سیستم استفاده شد که تمام مراحل کار با تأیید تیم صورت گرفت. مراحل کلیدی در تجزیه و تحلیل/ بررسی حادثه با موارد زیر شناسایی می‌شود:

- زنجیره رویدادها از علل کنترل شده آسیب به نتایج نهایی (نتایج نامطلوب)

- موانعی که باید در زنجیره رویدادها متوقف شود.

- علل اساسی این که چرا موانع در زنجیره رویدادها متوقف نشده است.

با این حال، اکثر تکنیک‌های بررسی حادثه فقط با زنجیره رویدادها و موانعی که شکست خورده‌اند سروکار دارند که اغلب ناشی از علائم و علل فوری شکست شناسایی شده است. برخلاف بتای سه پایه، تعداد معدودی از تکنیک‌ها به‌طور سیستماتیک با تجزیه و تحلیل دلایل شکست موانع سروکار داشته و به توسعه اقدامات برای اصلاح علل اساسی آنها کمک می‌شود. رسم نمودار تریپود بتا با استفاده از نرم‌افزار investigator انجام شده است. این نرم‌افزار بر این فرضیه استوار است: «جلوگیری به وسیله بررسی» (Prevention by Investigation). هدف این نرم‌افزار جلوگیری از وقوع حوادث تکراری، به وسیله بررسی حوادث پیشین است. این نرم‌افزار از ۲ روش ریشه‌یابی حوادث و تریپود بتا پشتیبانی می‌کند. این نرم‌افزار قابلیت نگهداری از تمامی مدارک و داده‌ها را دارد و در نهایت پس از گرفتن اطلاعات مربوط به حادثه، نتایج خود را در قالب یک گزارش تحویل می‌دهد.

تعاریف نمادهای نمودار تریپود بتا به شرح زیر است:

۱-۲- علل سطحی (مستقیم)

عللی هستند که در ارتباط نزدیک با رویداد حادثه هستند. در بسیاری موارد این اشکالات مربوط به اعمال نایم افراد است (۱۲).

۲-۲- علل غیر مستقیم (پیش شرط)

علل غیرمستقیم یا پیش شرطها "جو و وضعیت" محیطی، روانی و موقعیتی سیستم و سازمان هستند که

منبع انرژی، ماده یا شرایطی است که پتانسیل ایجاد صدمه یا خسارت را دارد (۱۳).

## ۲-۶- هدف (Object)

عبارتست از موضوع یا موردی که خطر متوجه آن شده و احتمالاً باعث ایجاد خسارت در آن شده است. از قبیل افراد، سرمایه، محیط زیست، اعتبار (۷).

## ملاحظات اخلاقی

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی ایمنی صنعتی دانشگاه علم و هنر با کد اخلاق IR.ACECR.JDM.REC.1399.015 است.

## نتایج

به منظور ریشه‌یابی حوادث منجر به شکستگی و نقص عضو شرکت، ابتدا حوادث سال ۹۸ به طور مختصر در جدول ۱ بیان می‌شود:

جدول ۱. خلاصه حوادث سال ۹۸ (مستندات شرکت لیان، ۱۳۹۸)

| مدت استعلاجی | اقدام اصلاحی                                                           | شرح حادثه                                                                     | پیامد                                        | علت حادثه                     |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| ۹۰ روز       | نصب گریپینگ/ مسدود کردن مناطقی که مخصوص تردد نیست                      | حین جهش از روی منهول پای نامبرده به علت لیز خوردن در منهول گیر می‌کند.        | شکستگی مچ پای چپ                             | وجود فضای خالی (منهول)        |
| ۱۵ روز       | خودداری از تعجیل در کار/ کنترل لبه‌ها قبل از جاگذاری                   | به علت قر بودن لبه‌ها بشکه از طبق سیمر آزاد و باعث برخورد دست با شاسی می‌شود  | ترک موئی مچ دست راست                         | گیر کردن دست                  |
| ۷ روز        | رعایت موارد ایمنی در کار/ تشدید نظارت سرپرستان                         | به علت قرار دادن بشکه درون ریل پر و سقوط بشکه                                 | بریدگی پشت ساق پای راست                      | اشیای تیز و برنده/ بی احتیاطی |
| ۵ روز        | رعایت موارد ایمنی در کار/ مسدود کردن مناطقی که مخصوص تردد نیست         | گیر کردن پا در جوی آب سطحی جنب کانکس‌ها                                       | کشیدگی تاندوم مچ پای چپ                      | بی احتیاطی/ وجود فضای خالی    |
| ۳ روز        | باز کردن تدریجی شیر تخلیه                                              | حین سر پر بعلت فشار زیاد قیر تخلیه شده به اطراف پاشیده می‌شود                 | سوختگی مچ دست راست                           | پاشش مواد داغ (قیر)           |
| ۴۰ روز       | برعکس کردن دور چرخش موتور/ بازآموزی اصول ایمنی کار با ماشین آلات صنعتی | حین کنگره زدن بدنه به علت قرار دادن دست بر روی بدنه بشکه دست به داخل کشیده شد | گیر کردن انگشتان دست نقص عضو بافت نرم        | وجود قسمتهای دوار             |
| ۵ روز        | رعایت موارد ایمنی کار با لیفتراک/ بکارگیری ریگر                        | به علت سهل انگاری راننده لیفتراک و قراردادن سینی روی پای نامبرده              | برخورد سینی بشکه با پا ضرب دیدگی پنجه پای چپ | وجود جسم معلق                 |

## - شرح حادثه تاریخ ۹۸/۰۱/۱۶

علت سکندری خوردن و در نتیجه گیر کردن پا در جوی آب دچار مصدومیت شد. نمودار تریپود بتای این حادثه در شکل (۱) آورده شده است.

فرد پس از مراجعه به انبار مرکزی در حین بازگشت از انبار به ایستگاه کار از ناحیه مچ پای چپ دچار حادثه شد. شایان ذکر است نامبرده حین جهش از روی جوی آب به

به رشد علت‌هایی بی‌واسطه کمک می‌کنند. به عبارتی می‌توان پیش شرط را با پرسیدن این سؤال پیدا کرد (چرا فرد یا گروهی از افراد که مسبب شکست بوده‌اند این باور یا برداشت را داشته‌اند که عملشان ستودنی، اجتناب‌ناپذیر، عادی و معمولی بوده است؟) (۱۰).

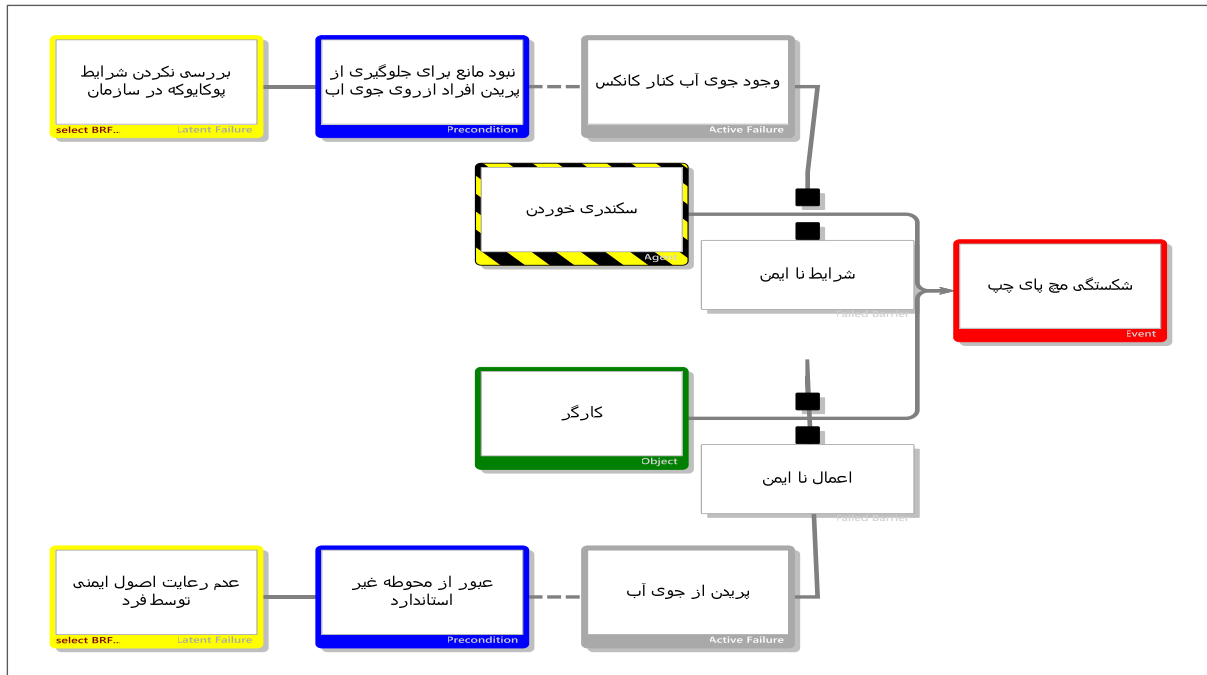
## ۲-۳- علل ریشه‌ای یا نهان

یک علت پنهان، منشأ یک پیش شرط سازمانی است، با این تعریف علت پنهان یک گره پایانی خواهد بود. تعداد زیادی از علت‌های پنهان می‌توانند به هر پیش شرط متصل شده باشد (۱۰).

## ۲-۴- رویداد (Event)

رویداد تغییر حالتی است که از طریق مخاطره روی هدف تأثیرگذار است (۱۳). رویدادهای مهم و رایج در عملیات نفت و گاز عبارتند از نشت گاز، نفت‌ریزی، تماس با لوله‌های داغ، تماس با جریان الکتریکی، انفجار، سقوط، تصادف (۱۲).

## ۲-۵- خطر (Hazard)

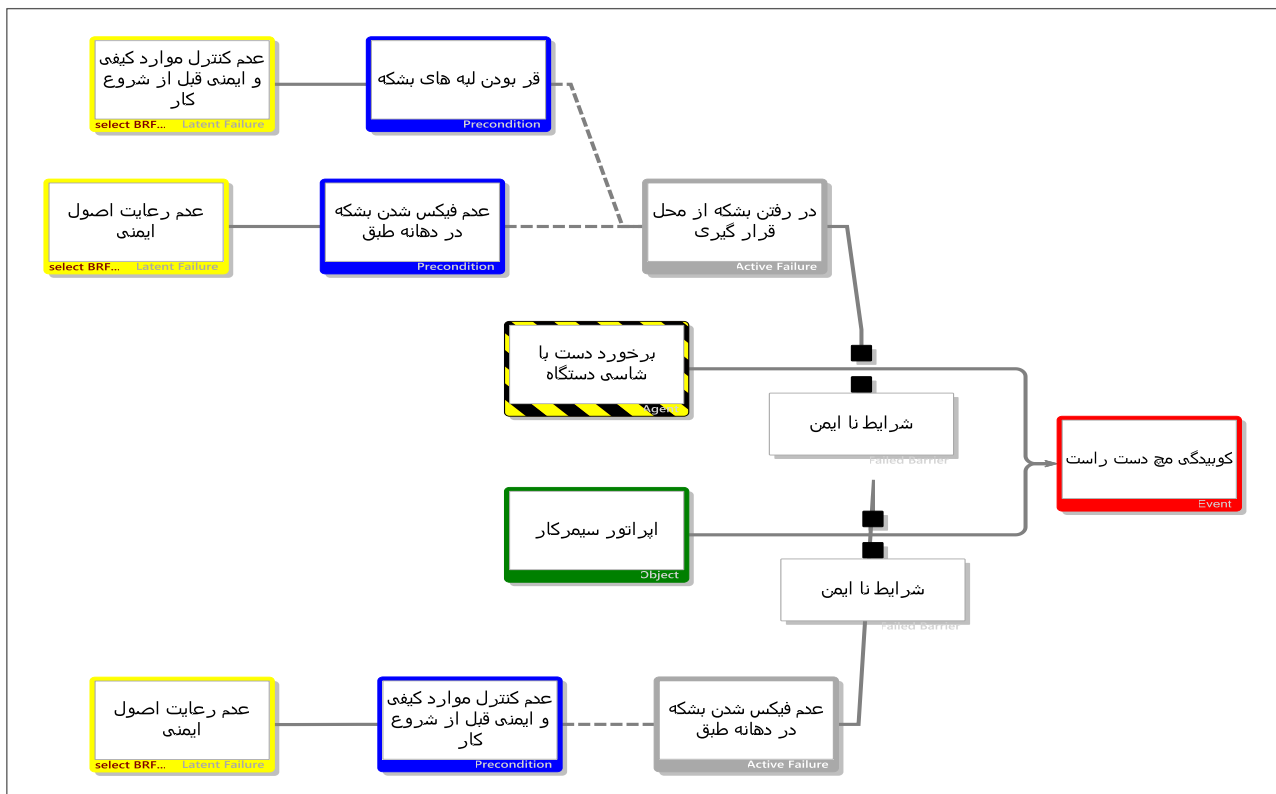


شکل ۱. نمودار تریپد بتا حادثه ۹۸/۰۱/۱۶

سُرپودن لبه‌های بشکه و عدم فیکس شدن در دهانه طبق،  
بدنه بشکه ضمن در رفتن از محل قرارگیری منجر به  
برخورد میج دست با شاسی دستگاه می‌شود، به دنبال بروز  
حادثه مصدوم به بیمارستان اعزام شد (شکل ۲).

- شرح حادثه تاریخ ۹۸/۰۳/۰۴

اپراتور پس از قرار دادن درب بشکه بر روی طبق،  
اقدام به جاگذاری بدنه بشکه روی طبق دستگاه سیمر و  
فالس نمودن بشکه توسط پدال پای می‌کند. که به علت

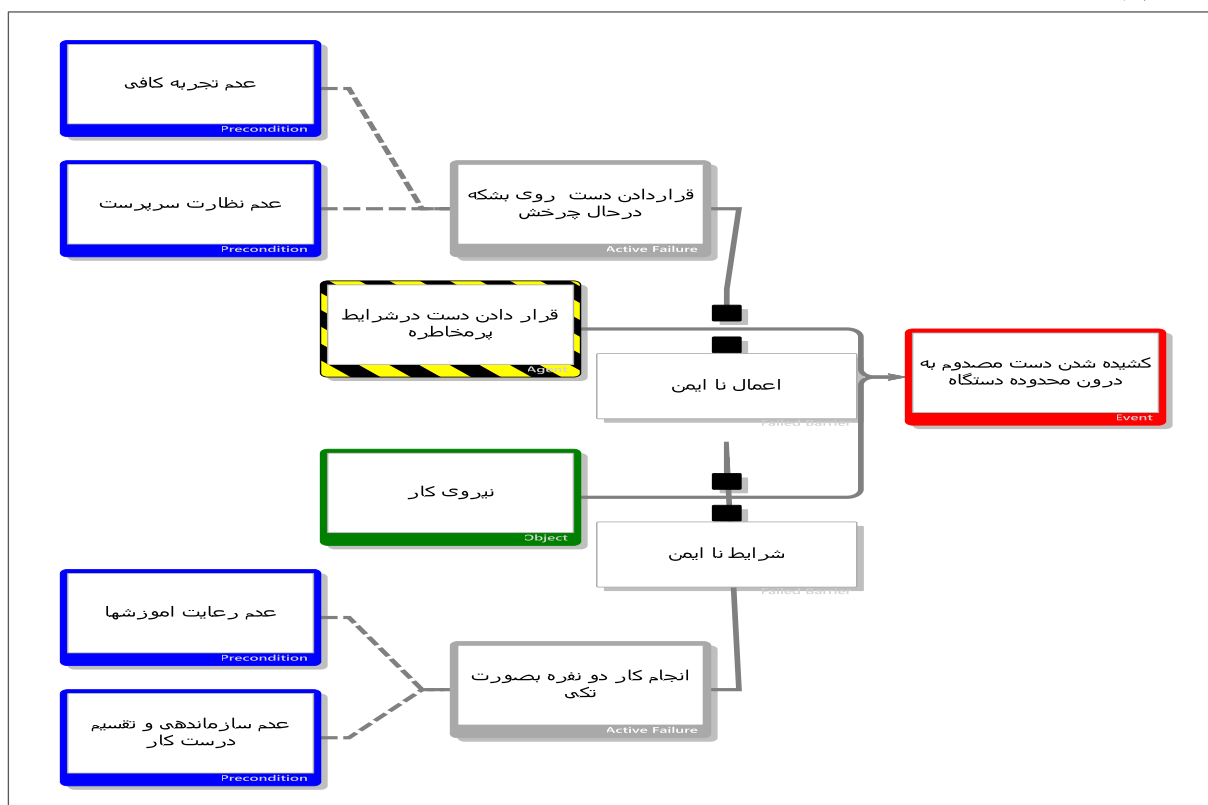


شکل ۲. نمودار تریپد بتا حادثه ۹۸/۰۳/۰۴

### - شرح حادثه تاریخ ۹۸/۱۰/۱۱

اپراتور در مورخ ۱۳۹۸/۱۰/۱۱ رأس ساعت ۱۷:۰۰ در سالن بشکه سازی به کنگره زنی بدنه بشکه اشتغال داشته است. لازم به ذکر است در ایستگاه فوق به علت ریسک و مخاطرات شغلی بالا دو اپراتور فرآیند بارگذاری و خالی کردن دستگاه را انجام می دهند که در زمان بروز حادثه اپراتور دوم مشغول تست درز جوش بشکه بوده و فرد مصدوم پس از قرار دادن بشکه درون محدوده عملکرد

دستگاه با دست راست اقدام به تنظیم بشکه درون فک عمل کننده و با دست چپ اقدام به راه اندازی دستگاه می کند. در هر صورت بشکه ضمن چرخش، دست راست فرد مصدوم را به درون محدوده عملکرد کشانده است. بنابراین به دنبال بروز حادثه، فرد آسیب دیده توسط اورژانس پالایشگاه به بیمارستان منتقل شد. در شکل (۳) نمودار تریپود بتا این حادثه نمایش داده شده است.



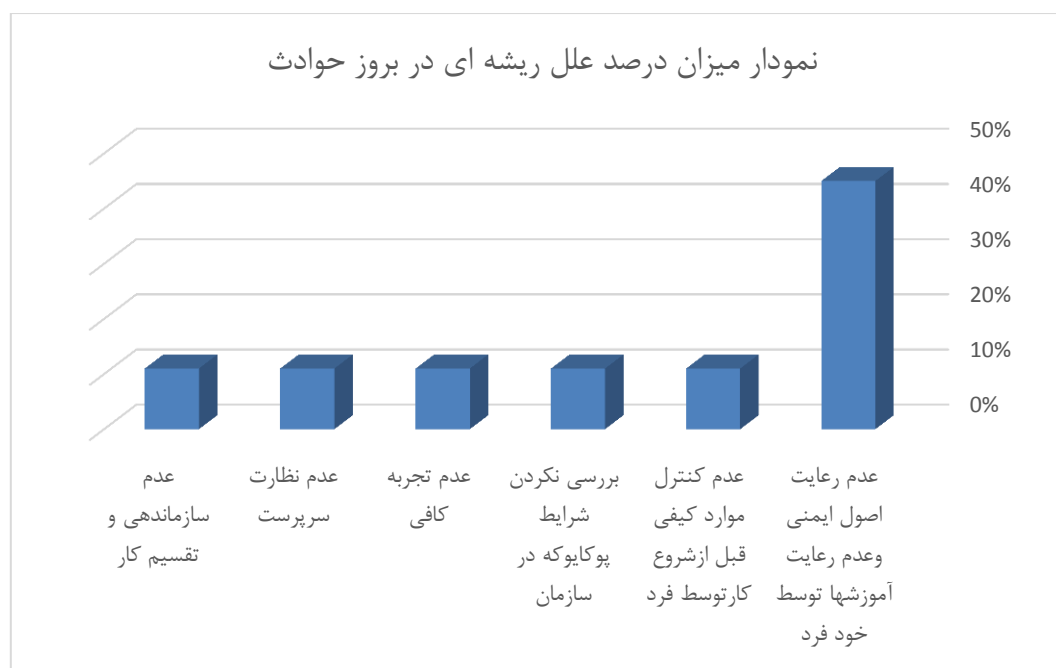
شکل ۳. نمودار تریپد حادثه ۹۸/۱۰/۱۱

در حوادث بررسی شده شرایط ناایمن و اعمال ناایمن علل مستقیم موانع معیوب هستند که با توجه به تحلیل عوامل ریشه ای، جدول ۲ بدست می آید. همان طور که قابل ملاحظه است رعایت نکردن اصول ایمنی و آموزشها

توسط خود فرد با مقدار ۰/۴۵ بیشترین تأثیر را در بروز حوادث داشته است پس از آن بقیه علل بیان شده در شکل ۴، در بروز حوادث نقش داشته اند.

جدول ۲. میزان درصد علل ریشه ای در بروز حوادث شکستگی و نقص عضو

| درصد | علت ریشه ای                                             |
|------|---------------------------------------------------------|
| ۰/۴۵ | رعایت نکردن اصول ایمنی رعایت نکردن آموزشها توسط خود فرد |
| ۰/۱۱ | کنترل نکردن موارد کیفی قبل از شروع کار توسط فرد         |
| ۰/۱۱ | بررسی نکردن شرایط پوکایوکه در سازمان                    |
| ۰/۱۱ | نبود تجربه کافی                                         |
| ۰/۱۱ | نبود نظارت سرپرست                                       |
| ۰/۱۱ | نبود سازماندهی و تقسیم کار                              |



شکل ۴. میزان درصد علل ریشه ای در بروز حوادث شکستگی و نقص عضو سال ۹۸

## بحث

کردن روشی مناسب برای بررسی علل ریشه ای حوادث با هدف جلوگیری از تکرار آنها و ارتقای سیستم ایمنی در صنعت موضوع اصلی این مقاله است. تمرکز اصلی این پژوهش بر روی تکنیک تریپود بتا است که هم اکنون در بیشتر شرکت های بزرگ نفتی و مؤسسات معتبر بین المللی مورد استفاده می شود. بررسی و ریشه یابی علل حادثه آتش سوزی چاه شماره ۲۴ نفت شهر با استفاده از روش تریپود بتا توسط رضایی و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد (۱۳). موضوع اصلی این پژوهش استفاده از این روش برای تحلیل و بررسی علل وقوع حادثه آتش سوزی چاه شماره ۲۴ نفت شهر که در خردادماه ۸۹ به وقوع پیوست، است. تحلیل های انجام گرفته و نتایج بدست آمده نشان داد که این روش، یک تکنیک ساده و مناسب برای بررسی علل ریشه ای حوادث است. کریمی و همکاران (۱۳۹۸) به منظور آنالیز علل یک حادثه منجر به نقص عضو در یک پروژه سدسازی از روش ترکیبی Tripod Beta-SCAT استفاده کردند. به این صورت که که علل واسط و ریشه ای منتج از آنالیز Tripod Beta به همراه اقدامات کنترلی پیشنهادی، در جدول علت و معلولی SCAT جایگذاری شد و نتایج حاصل از توزیع پرسشنامه گردآوری و تأثیر علل وقوع حوادث از طریق آزمون های کای دو و فریدمن مشخص و بر اساس علل وقوع حادثه، اقدامات کنترلی

برای انتخاب روش تجزیه و تحلیل حادثه بهینه، معیارهای مختلفی وجود دارد و اهمیت معیارها دارای تفاوت زیادی است. از طرفی روش های تجزیه و تحلیل حادثه دارای نقاط ضعف و قوت خاص خود هستند. بر اساس اهمیت معیارهای بدست آمده در مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۶)، روش تریپود بتا به عنوان یک روش نسبتاً کارآمد و هماهنگ با معیارهای انتخاب شده در این مطالعه، می تواند برای تجزیه و تحلیل حوادث در صنعت نفت استفاده شود. زیرا بیشتر از ۵۰ درصد از معیارهای موجود برای انتخاب روش را با میانگین امتیاز بالای ۰/۵ توانست پوشش دهد. همچنین روش هایی مانند Bow tie و MTO در رتبه های بعدی قرار دارند. با توجه به اینکه روش های مذکور ضعف هایی دارند، برای بهبود تجزیه و تحلیل حوادث و پوشاندن این ضعف ها می توان از دیگر روش های تجزیه و تحلیل به عنوان روش مکمل استفاده کرد (۹). سلیمانی و عباسی (۱۳۹۶) به تجزیه و تحلیل حوادث برقی با استفاده از روش تریپود بتا پرداختند (۱۴). در ضمن نتایج این مطالعه با پژوهش کریمی و همکاران (۲۰۱۹) هماهنگ است. آنها نیز در مطالعه خود اظهار کردند که تکنیک تریپود بتا یکی از مهم ترین روش های ریشه یابی حوادث است (۵). بررسی مطالعات مربوط به علل پدید آورنده حوادث و طبقه بندی آنها و در نهایت پیدا

شرایط نایمن و همچنین وقوع حادثه را میسر می‌سازد. تجزیه و تحلیل ریشه‌ای در این مطالعه نشانگر این مطلب است که اجرای برنامه‌های آموزشی و رسیدن به مهارت مورد نظر و انجام آموزش‌های دوره‌ای و Tool Box Meeting از بروز خطاهای انسانی در رویدادها به مقدار زیادی جلوگیری خواهد کرد. در نهایت، نکته مهم این است که تنها آموزش دادن کافی نیست، پیگیری و نظارت مستمر بر رعایت کردن آموزش‌ها امری ضروری در عدم بروز حوادث است. این تحقیق با محدودیت‌هایی مواجه بود، از جمله تهیه اطلاعات دسته‌بندی شده حوادث ناشی از کار (شامل عوامل سببی و سلسله مراتبی ایجاد کننده حوادث و همچنین پیامدهای آن با دامنه وسیع) به دلیل آنکه جزئی از الزامات قانونی کشور نبوده و استاندارد ساختاریافته مشخصی نیز در این خصوص وجود ندارد. از این رو تحقیقات در زمینه تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث از قبیل تریپود بتا به صورت استفاده از اطلاعات گذشته‌نگر مقدور نیست. بنابراین پیشنهاد می‌شود انجام این گونه تحقیقات به صورت برنامه‌ریزی شده و آینده‌نگر و با صرف وقت زیاد صورت گیرد.

#### سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری و مشارکت کارکنان محترم شرکت نفت لیان تقدیر و تشکر کنند.

تهیه و پیشنهادات ارائه شد (۵). مطالعه‌ای که Strömgren و همکاران (۲۰۱۳) انجام دادند، نه روش تجزیه و تحلیل حادثه را بر اساس معیارهایی مانند فرمت خروجی، اعتبار روش، میزان آموزش مورد نیاز برای کار با روش و میزان راهنمایی‌هایی که یک روش برای فازهای مختلف تحقیق حادثه ارائه می‌دهد، مقایسه کردند (۱۵). در ضمن بر اساس متون علمی و مطالعات مختلف، این روش به صورت گرافیکی اهداف، عوامل و اتفاقات موجود در هر حادثه و همچنین نقص یا نبود موانع را به دلیل نقص‌های کنترلی، دفاعی، فعال، پیش شرایط و اشکالات پنهان نشان داده و درک درستی از حوادث را نشان می‌دهد؛ اما بر اساس مطالعه‌ای که توسط Sklet (۲۰۰۴) انجام شده است، توانایی تحلیل عوامل خارجی از قبیل فاکتورهای اجتماعی و وراثتی را ندارد (۱۶).

اقدامات اصلاحی انجام شده عبارتند از:

- اقدامات اصلاحی حادثه ۹۸/۰۱/۱۶

قراردادن درپوش برای جوی آب

عبور و مرور در ناحیه امن

- اقدامات اصلاحی حادثه ۹۸/۰۳/۰۴

کنترل لبه‌های سر و ته بشکه قبل از راهاندازی دستگاه

- اقدامات اصلاحی حادثه ۹۸/۱۰/۱۱

آموزش‌های ایمنی دوره‌ای و بدو استخدام و نظارت بر

انجام درست آموزش‌ها.

#### نتیجه‌گیری

با استفاده از تکنیک‌هایی که عوامل مستقیم، غیرمستقیم، سطحی و ریشه‌ای رویدادها را همچون تکنیک مورد نظر در این پژوهش بررسی می‌کنند، امکان بررسی حادثه در فاز زمانی نرمال یا قبل از اعمال نایمن و

#### References:

1. Jafari moghadam E. *Environmental Impact Assessment Petrochemical Industry PET-PTA in Mahshahr Economic Region Ahvaz*. Master Thesis Science and Research University of Khuzestan. 2007. [Persian]
2. Balist J, Malek Mohammadi B, Chehrzar F, Moarab Y. *Environmental Risk Assessment of Gachsaran Oil Refinery Production Unit by Integrating Multi Criteria Decision Making and Environmental Failure-Mode and Effects Analysis*. Journal of Environmental Science and Technology. 1397; 20(1(76)): 165- 178. [Persian]
3. Mahmoudi Herris S, Nikoomaram H, Ghaffari F, Miri Lavasani M. *Identification and Assessment of the Effective Factors on the Occurrence of the Environmental Events Caused by the Construction and Operation of Gas and Steam Power Plants (Case Study: MAPNA Group)*. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2020; 6(4): 10-17. [Persian]
4. Jahangiri M, et al. *Principles of Safety Management and Engineering*. Shiraz: Shiraz University of Medical Sciences Publishing Center; 2019: p.425.

5. Karimi S, Jafari H, Alizadeh Anbardan S, Kashitarash Esfahani Z, Nasrabadi T. **Analysis of the Amputation-leading Accidents during a Mechanical Excavator Repair Using the Tripod Beta and SCAT Combined Method in a Dam Construction Project**. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2019; 6 (3):9-19.
6. Zarei E, Dormohammadi A. **Accident's analysis in a disaster and emergency medical management center**. Irtiqā-yi īminī va pīshgīrī az mašdūmiyat/ha (ie, Safety Promotion and Injury Prevention). 2015; 3(3): 191-8.
7. Givveh S, Amjadian M, Ghasemi A. **Analysis of fire-induced applying Tripod Beta method, a case study of the fifth refinery of South Pars Gas Complex Company**. The second conference on sustainable gas production, 2012.
8. Halvani G, Zare M. **Safety System and Risk Management**. Asare Sobhan, 2013.
9. Ahmadi O, Mortazavi S B, Khavanin A. **Selection of the optimal method for analysis of accidents in petroleum industry using fuzzy ANP and TOPSIS multi-criteria decision methods**. 2017; 14(2):166-180. URL: <http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1758-fa.html>
10. Khwaja I, Habibollah R. **Analysis, Investigation and Rooting of Incidents (RCA) by Tripod Beta Analysis with Case Study**. Fourth Comprehensive Conference on Crisis Management and HSE, Tehran, Permanent Secretariat of the Conference, 2017.
11. Lali-Dastjerdi E, Mohammadfam I. **Comparison of two techniques of fault tree analysis and Tripod-Beta using the analytic hierrarchy process for accidents analysis in a steel-manufacturing industry**. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2012; 10 (1):43-52.
12. Miraj F, Fatemi M, Motamed Fatah M, Valinejad M. **Radical accident analysis by Tripod-Beta method**. The first national conference on safety engineering and HSE management, Tehran, Sharif University of Technology, 2005.
13. Rezaei M, Hashem S, Karimi M. **Investigation and root causes of fire accident in well No. 24 of Naftshahr using Tripod-beta method**. First International Conference on Oil, Gas, Petrochemical and Power Plant, Tehran, 2012.
14. Soleimani F, Abbasi M. **Radical analysis of electrical accidents Naftshar well No.24 by Tripod-Beta method**. International Conference of HSE Experts in Oil, Gas, Petrochemical, Steel and Cement Industries and Construction Projects, Shiraz, Hamian Sanat Avina Industrial Company, 2017.
15. Strömgren M, Albrektsson J, Johansson A, Almgren E. **Comparative analysis of façade regulations in the Nordic countries**. InMATEC Web of Conferences, 2013 (Vol. 9, p. 01003). EDP Sciences.
16. Sklet S. **Comparison of some selected methods for accident investigation**. Journal of hazardous materials. 2004; 111(1-3):29-37.

## ***Analysis of Fractures and Disability Defects Accidents in Lian Oil Company by Tripod Beta Technique***

**Akhavan A<sup>1\*</sup>, Salehi Reyhani SH<sup>2</sup>, Halvani Gh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Assistant Professor, Industrial Engineering Department, Science and Arts University, Yazd, Iran

<sup>2</sup> Master of Safety Engineering, Science and Arts University, Yazd, Iran

<sup>3</sup> Department of Ergonomics, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

### ***Abstract***

**Introduction:** Undoubtedly, the first step in controlling accidents is to analyze them to identify the root causes. In this study, the root causes of accidents leading to severe consequences have been analyzed using the beta tripod technique in Lian Oil Company.

**Materials and Methods:** The research method is descriptive-analytical. In this research, the events of 2020 in two barrel-making and barrel filling units of Lian Oil Refining and Trade Company have been investigated. The tripod-beta method is one of the methods of tracing the roots of accidents, which is widely used in the oil industry because of its special attitude towards the element of human error. Using investigator software, a tripod beta diagram related to three fracture and disability accidents was drawn and after recording and identifying the relevant causes and obstacles, corrective measures were taken to prevent similar accidents. The basis of accident control is the creation of appropriate control and defense systems in such a way as to prevent the interconnection and interaction of the risk factor and the target factor.

**Results:** The results of this study show that non-compliance with safety principles due to reduced staff awareness and lack of long-term and short-term training are the root causes of accidents studied and had the highest impact on these events. 45% of cases were related to the cause of the accident. Other cases after training have had almost the same effect on the occurrence of events. Each of the cases accounted for 11% of the causes of the accidents.

**Conclusion:** Beta tripod technique is currently one of the best methods for tracing the roots of accidents. The results also indicate that effective measures in the normal time phase, i.e. employing more talented people, conducting training at the beginning of employment, and upstream perspective, i.e. operator coordination with hardware and methods of implementation in the phase of ideas and thinking and design will greatly prevent accidents.

**Key words:** Accident analysis, Tripod beta, Incident rooting

### ***This paper should be cited as:***

Akhavan A, Salehi Reyhani SH, Halvani Gh. *Analysis of Fractures and Disability Defects Accidents by Tripod Beta Method (Case Study: Lian Oil Company)*. Occupational Medicine Quarterly Journal 2021;13(1): 1-10.

**\*Corresponding Author**

**Email:** akhavan@sau.ac.ir

**Tel:** +989131533187

**Received:** 24.11.2020

**Accepted:** 15.04.2021